پژوهش‌های بذر ایران/ سال نهم/ شماره اول/ ۱۴۰۱/ صفحات: ۲۴-۱

مقاله پژوهشی

جوانه‌زنی و ضرایب حیات بذر باقلا (*Vicia faba*) در پاسخ به شرایط مختلف انبارداری

محمد مهرابی کوشکی [۱]، علی مرادی [۲،*]، حمیدرضا بلوچی [۳]، رؤیا بهبود [۱]، حجت اله لطیف منش [۴]

چکیده مبسوط

مقدمه: حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین و یکی از اجزاء اصلی در تناوب زراعی است که در سال‌های اخیر، به‌عنوان یکی از گزینه‌های عمدهٔ تحقیقات گیاهی به‌شمار می‌آید. قابلیت انبارداری بذر یکی از صفات مهم در اصلاح حبوبات می‌باشد. دما، محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت بذر در مدت انبارداری هستند. شرایط نامساعد انبارداری منجر به زوال و کاهش کیفیت بذرها طی نگهداری می‌شود که به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی انبارداری قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی، با پنج تکرار ۲۰ بذری اجرا شد. بذرها با محتوی رطوبت در ۵ سطح ۶، ۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد و دما در ۴ سطح ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۹ ماه (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰ و ۲۷۰ روز) نگهداری شدند. پس از هر بار نمونه‌گیری در پایان هر ماه انبارداری، آزمون جوانه‌زنی استاندارد درون ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۰ روز و به روش کاغذ آکاردئونی انجام شد. همچنین آزمون هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذرهای خیسانده شده به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس درون ژرمیناتور نیز در چهار تکرار انجام گرفت. برخی صفات جوانه‌زنی و هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر طبق روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، اثر سه‌گانه دمای انبارداری، محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری بر شاخص‌های جوانه‌زنی و هدایت الکتریکی بذر باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. روند جوانه‌زنی طی انبارداری در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبت بذر ۶ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری از ۹۴ درصد به ۸۱ درصد کاهش یافت. به‌طوری‌که در شرایط رطوبتی مشابه با افزایش دما از ۱۵ به ۴۵ درجه سلسیوس پس از ۲۷۰ روز انبارداری، جوانه‌زنی به ۳۵ درصد کاهش یافت. با گذشت زمان انبارداری، هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر افزایش یافت و در دماهای بالا این افزایش بیشتر بود. ضریب‌های حیات بذر باقلا نیز پس از ۹ ماه انبارداری با استفاده از معادله قابلیت حیات بذر محاسبه شد که K_E، C_W، C_H و C_Q به‌ترتیب ۵/۳۹۶۹۷-، ۲/۱۳۰۴۱، ۰/۰۳۲۰۱ و ۰/۰۰۰۰۱۷ محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری: نتایج کلی آزمایش نشان داد که با افزایش دما و رطوبت بذر در مدت انبارداری هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر افزایش داشت که این مسئله منجر به کاهش درصد زنده‌مانی بذر شد. دمای ۱۵ درجه سلسیوس و محتوای رطوبت بذر ۶ درصد نسبت به تمامی دما و رطوبت‌ها شرایط مناسب‌تری را برای زنده‌مانی بذرها در طول دوره ۹ ماهه انبارداری داشتند به‌طوری‌که دارای کمترین هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر و در نهایت سرعت زوال بودند.

واژه‌های کلیدی: زوال بذر، قابلیت حیات، محتوی رطوبت بذر، هدایت الکتریکی

جنبه‌های نوآوری:

۱- با گذشت زمان انبارداری، هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر افزایش یافت.

۲- هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر با محتوی رطوبت ۲۲ درصدی و دمای انبارداری ۴۵ درجه سلسیوس افزایش داشت.

۳- ضریب‌های حیات بذر باقلا جهت ارزیابی قابلیت حیات بذر در شرایط انبارداری کنترل شده محاسبه گردید.

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[۲] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[۳] استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[۴] استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

[*] رایانانه نویسنده مسئول: amoradi@yu.ac.ir

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1401.9.1.12.3

DOI: 10.52547/yujs.9.1.1

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳)

مقدمه

حبوبات منبع اصلی خوراک و علوفه و از اجزاء اصلی بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌دلیل قابلیت تثبیت نیتروژن هستند و به همین علت در سال‌های اخیر، حبوبات یکی از گزینه‌های عمدهٔ تحقیقات گیاهی شده‌اند. باقلا (*Vicia faba* L.) گیاهی یک‌ساله از تیره بقولات (Fabaceae) می‌باشد که به‌عنوان منبع پروتئین گیاهی (۱۸ تا ۳۲ درصد) مورد توجه زیادی قرارگرفته است. باقلا علاوه بر بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت اتمسفری، نقش مهمی در چرخه تناوب دارد و سبب کاهش جمعیت آفات و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود (تورپین[1] و همکاران، ۲۰۰۲).

قابلیت انبارداری بذر یکی از صفات مهم در اصلاح حبوبات به‌شمار می‌رود، چگونگی تغییر این صفت به میزان زیادی ناشناخته مانده است. کشاورزان جهت کشت سال بعد خود بایست بذرها را از یک فصل رشد تا فصل رشد بعدی که ممکن است چند ماه تا چند سال به‌طول انجامد، نگهداری کنند. همچنین در بانک ژن بایستی قابلیت حیات بذر برای دوره‌های مختلف نگهداری (۱۰ تا ۱۰۰ سال یا بیشتر) حفظ شود. جوانه‌زنی و قدرت بذر، تابع شرایط محیطی نگهداری بذر است که به نوبه خود تعیین کننده مدت زمانی انبار آن می‌باشد. دما و رطوبت نسبی محیط نگهداری و همچنین رطوبت بذر عوامل اصلی در حفظ قابلیت‌های حیاتی بذرها در شرایط انبار هستند (مک‌دونالد[2] و همکاران، ۱۹۹۹). اما اگر شرایط نگه‌داری مناسب نباشد منجر به کاهش کیفیت بذرها در مدت انبارداری می‌شود (هونگ[3] و همکاران، ۲۰۰۱). پیش‌بینی کیفیت بذر در طی انبارداری به درک رابطه بین سه عامل رطوبت بذر، دمای و زمان نگهداری بستگی دارد که در واقع بر میزان زنده‌مانی بذر مؤثرند. بذرهایی که در شرایط دمایی و رطوبت نسبی بالا انبار شوند، آسیب ناشی از مدت زمان انبارداری بیشتر خواهد شد (دیکی[4] و همکاران، ۱۹۹۰).

یکی از دلایل کاهش کیفیت بذر، پیری یا زوال بذر است. در واقع زوال فرآیند طبیعی است در طول زمان که شامل تغییرپذیری‌های فیزیکی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و یاخته‌شناختی (سیتولوژیکی) در بذر می‌شود. این تغییرپذیری‌ها قابلیت حیات بذر را کاهش داده و در نهایت منجر به مرگ بذر می‌شود. زوال به‌صورت کاهش درصد جوانه‌زنی، ایجاد گیاهچه‌های ضعیف، کاهش بنیه، قابلیت حیات کمتر و در نهایت مرگ بذر بروز می‌کند. دما و رطوبت کمتر منجر به تأخیر در فرآیند زوال و در نتیجه افزایش طول مدت زنده‌مانی می‌شود (کاپور[5] و همکاران، ۲۰۱۰). قاسمی‌گلعذانی[6] و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی روی بذر باقلا گزارش دادند که بذرهای حاصل از برداشت‌های تأخیری به‌علت فرآیندهای پیری، درصد و سرعت جوانه‌زنی کم‌تری داشتند.

یکی از نشانه‌هایی که در بیشتر موارد در بذرهای زوال یافته مشاهده می‌شود افزایش میزان مواد نشتی از بذر است. در مدت جذب آب، مواد محلول سیتوپلاسمی بذرهایی که ساختمان غشاء آنها آسیب دیده است به محیط تراوش می‌کند. درجه زوال بذر با غلظت مواد نشت یافته از بذر همبستگی دارد، خروج مواد نتیجه تخریب غشای یاخته‌ها در بذرهای زوال یافته است (میرداد[7] و همکاران، ۲۰۰۶). آزمون هدایت الکتریکی روشی سریع، ارزان و به‌نسبت دقیق و درعین‌حال ساده برای نشان دادن توان بذر است که برای بذرهای نخودفرنگی (*Pisum sativum*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و سویا (*Glycine max*) به‌طور موفقیت آمیز بررسی شده است (ویرا[8] و همکاران، ۲۰۰۲).

پیش‌بینی طول عمر بذر برای تولیدکنندگان بذر بسیار حائز اهمیت است و به درک روابط کمی بین زوال بذر، کیفیت اولیه بذر، رطوبت بذر و دمای انبار بستگی دارد (تانگ[9] و همکاران، ۲۰۰۰). بررسی‌های چندی برای کمی کردن روابط بین شرایط انبار و قابلیت حیات

[1] Turpin
[2] McDonald
[3] Hung
[4] Dikie

[5] Kapoor
[6] Ghasemi-Golezani
[7] Mirdad
[8] Vieira
[9] Tang

بذر صورت گرفته است (هرینگتون[1]، ۱۹۷۲). می‌توان توسط مدل‌های ریاضی قابلیت حیات در فرایند انبارداری را بررسی کرد. منحنی بقاء بذر در شمار زیادی از گونه‌ها نشان می‌دهد، در شرایط ثابت، طول دورهٔ زندگی بذرها توزیع نرمال دارد. اگر درصد بذرهای زنده به پروبیت تبدیل شود، رابطه بین پروبیت درصد بذرهای زنده و طول دوره نگه‌داری به‌صورت خطی منفی در می‌آید؛ بنابراین، برای هر تودهٔ بذری نگهداری شده در شرایط ثابت، می‌توان رابطه ۱ را به‌کار برد (الیس و روبرتز[2]، ۱۹۸۰):

رابطه ۱:

$$v = Ki - \frac{p}{\sigma}$$

که در آن V پروبیت درصد بذرهای زنده پس از هر دورهٔ نگهداری (ρ)، σ انحراف استاندارد دوره‌های زندگی بذرها، 1/σ شیب خط و Ki عرض از مبدأ خط و نشان‌دهنده توان زنده‌مانی اولیه بذرها است و آن را ثابت توده بذری می‌نامند که می‌توان میزان تقریبی آن را با تبدیل درصد بذرهای زنده به پروبیت به‌طور تقریبی به دست آورد. در شرایط ثابت، شیب خط تغییر نمی‌کند و فرسودگی بذرها پیش از انبار کردن تنها میزان Ki را کاهش می‌دهد؛ اما σ تنها تحت تأثیر شرایط انبار مانند دما و محتوای رطوبتی بذر قرار می‌گیرد. تأثیر این عامل‌ها روی میزان σ با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه ۲:

$$\log_{10} \sigma = K_E - C_W \log_{10} m - C_H t - C_Q t^2$$

این معادله، رابطه بین طول عمر (σ, d) و دمای ثابت (t, °C) و رطوبت محتوی (m, %) محیط انبارداری را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که C_W، C_Q، C_H و K_E ضرایب ثابت حیات بذر می‌باشند که عبارتنداز، C_W اثر نسبی محتوی رطوبت بذر، C_Q و C_H پاسخ بذر به دما طی دوره انبارداری و K_E ضریب پتانسیل طول عمر بذر را نشان می‌دهند. با استفاده از آزمایش‌های انبارداری با دامنه گسترده‌ای از دما و محتوای رطوبتی بذر می‌توان این ضرایب را به‌دست آورد (الیس و روبرتز، ۱۹۸۰). این روش تعیین زنده‌مانی به‌طور موفقیت‌آمیز برای بیش از ۵۰ گونه متفاوت گیاهی از جمله بذرهای علف‌هرز، گیاهان زراعی، گیاهان زینتی، درختان میوه‌دار و درختان جنگلی استفاده گردیده است (هونگ[3] و همکاران، ۱۹۹۷). در پژوهشی ضرایب قابلیت حیات بذر K_E، C_H، C_W و C_Q به‌ترتیب برای عدس ۴/۲۹۱۹، ۱/۴۹۲۸، ۰/۰۲۴۴ و ۰/۰۰۰۱۷ و نخود ۸/۵۰۶۷، ۴/۵۲۳۸، ۰/۰۴۸۶ و ۰/۰۰۰۲۸ محاسبه شد (معین‌زاده[4] و همکاران، ۲۰۱۸). ضرایب حیات بذر کلزا نیز محاسبه شده است که K_E، C_W، C_H و C_Q به‌ترتیب برابر ۵/۶۵، ۲/۴۹، ۰/۴۳۰ و ۰/۰۰۱۴ گزارش شد (عالیوند[5] و همکاران، ۲۰۱۳).

با محاسبه این ضرایب و قرار دادن آن‌ها در رابطه‌های ذکر شده و همچنین آگاهی از دمای انبار، کیفیت اولیه بذر، رطوبت محتوی بذر و طول دوره انبارداری، می‌توان کیفیت نهایی بذر را در طی دوره انبارداری پیش‌بینی کرد. از این رو می‌توان از این اطلاعات در طراحی بانک ژن برای نگهداری بذور ارزشمند بهره گرفت (برادفورد[6]، ۲۰۰۴). اگرچه در گیاهان مختلف تحقیقات زیادی دربارهٔ طول عمر بذر در شرایط انبارداری انجام گرفته است، اما در خصوص بذر باقلا تحقیقات کم است؛ بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر شرایط مختلف انبارداری از لحاظ رطوبتی، دمایی و طول دوره روی خصوصیات جوانه‌زنی بذر باقلا (*Vicia faba* L.) انجام شد تا بتوان با کمی کردن این روابط و تعیین ضرایب معادله قابلیت حیات بذر گیاه باقلا به تولیدکنندگان این گیاه سرشار از پروتئین کمک شود تا بتوانند جهت بالا بردن زمان انبارداری بهترین شرایط رطوبتی و دمایی را فراهم نمایند. دراین‌صورت کشاورزان می‌توانند ضمن حفظ قوه نامیه بذر با توجه به شرایط انبار (دما و رطوبت) به کشت بذرهای انباری قبل از کاهش حیات بذرها اقدام نمایند.

[1] Harrington
[2] Ellis and Roberts
[3] Hong
[4] Moeinzadeh
[5] Alivand
[6] Bradford

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی روند جوانه‌زنی بذر باقلا (*Vicia faba* L.) رقم شامی و محاسبه ضرایب حیات بذر طی شرایط متفاوت انبارداری در آزمایشگاه فناوری بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی، با پنج تکرار اجرا گردید. بذرها با محتوی رطوبت در ۵ سطح ۶، ۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد و دما در ۴ سطح ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۹ ماه (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰ و ۲۷۰ روز) نگه‌داری شدند. به فاصله یک ماه یک‌بار نمونه‌برداری انجام شد و آزمون جوانه‌زنی استاندارد انجام گردید.

برای ایجاد رطوبت‌های مورد نظر از رابطه ۳ استفاده شد.

رابطه ۳:

$$W2 = W1\frac{(A-B)}{(100-A)}$$

در این معادله B درصد رطوبت اولیه بذر، A درصد رطوبت مورد نظر، W1 جرم اولیه توده بذر (گرم) و W2 جرم آب مقطر (گرم) می‌باشد (هامپتون و تکرونی[1]، ۱۹۹۵). بذرها را درون پاکت‌های فویل آلومینیم با ضخامت ۰/۱ میلی متر قرار داده و سپس مقدار آب مورد نیاز به آن اضافه و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون در آن‌ها را بوسیله پرس بسته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۵ درجه سلسیوس درون انکوباتور قرار گرفتند تا رطوبت بذرها یکسان شود (معین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۸).

آزمون جوانه‌زنی استاندارد پس از ضدعفونی بذرها (به مدت ۵ دقیقه درون قارچ‌کش تیرام یک در هزار) در ظروف پلاستیکی به شکل مستطیل با ابعاد ۱۰×۲۰ و به روش کاغذ آکاردئونی[2] درون ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۰ روز و مطابق با قوانین ایستا[3] (۲۰۱۰) انجام گرفت. شمارش بذرهای جوانه‌زده از روز اول در ساعتی معین صورت گرفت. به‌هنگام شمارش، بذرهایی جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آنها از ۲ میلی‌متر بیشتر بوده است (مایلر و چاپمن[4]، ۱۹۷۸). در پایان دوره ۱۰ روزه پس از شمارش شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده، از هر پتری ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاهچه، نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و در دستگاه آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۲ درجه سلسیوس خشک و سپس با ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند (اکرمیان[5] و همکاران، ۲۰۰۷).

شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی کل[6] از از رابطه ۴ (ایستا، ۲۰۱۰)، سرعت جوانه‌زنی[7] از رابطه ۵ (پاگتر[8] و همکاران، ۲۰۰۹)، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه از رابطه ۶ (ایستا، ۲۰۱۰) محاسبه گردید.

رابطه ۴: درصد جوانه‌زنی کل (GP) (درصد)

$$GP=(n/N)\times 100$$

n: مجموع کل بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش، N: کل بذرهای کاشته شده

رابطه ۵: سرعت جوانه‌زنی (GR) (بذر در روز)

$$GR=\Sigma\frac{Ni}{Ti}$$

Ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام، Ti: تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی

رابطه ۶: شاخص وزنی بنیه گیاهچه

شاخص وزنی بنیه گیاهچه = (وزن گیاهچه × GP) /۱۰۰

در پایان هر ماه، برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها ۲۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس ۴ نمونه ۵ بذری به دقت وزن گردید و در لیوان‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. میزان نشت الکترولیت بر حسب $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ (میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم وزن بذر)

[1] Hampton and TecKrony
[2] Pleated paper
[3] ISTA
[4] Miller and Chapman
[5] Akramian
[6] Germination Percentage
[7] Germination Rate
[8] Pagter

به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد (هامپتون و تکرونی، ۱۹۹۵).

برای پیش‌بینی زوال بذر، در طی مدت انبارداری با فواصل مختلف زمانی (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰،۲۴۰ و ۲۷۰ روز) از تیمارها نمونه‌گیری و آزمون جوانه‌زنی استاندارد مطابق با قوانین ایستا (۲۰۱۰) انجام شد. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده برای درصد جوانه‌زنی برای هر یک از تیمارها، با استفاده از معادله قابلیت حیات (الیس و روبرتز، ۱۹۸۰)، ضرایب حیات (C_W، C_Q، C_H و K_E) با استفاده از آنالیز پروبیت توسط نرم‌افزار SAS محاسبه شد. در این آزمایش، ابتدا درصد جوانه‌زنی در طی زمان در دو حالت به‌صورت Common Line (خطوط با عرض از مبدأ ثابت و شیب متغیر) و Separate Line (خطوط با مبدأ متفاوت و موازی) برای هر یک از دماهای نگه‌داری با استفاده از تجزیه پروبیت توسط نرم‌افزار SAS ۹,۱ محاسبه شد.

سپس مقدار F value از طریق رابطه ۷ برای امکان استفاده از ضرایب مدل Common Line (حالتی که بین محیط‌های مختلف عرض از مبدأ ثابت و شیب متفاوت هستند) از طریق انجام آزمون F مورد بررسی قرار گرفت (الیس و روبرتز، ۱۹۸۰).

رابطه ۷:

$$F = \frac{\frac{SSE\ CL - SSE\ SL}{df\ CL\ _\ df\ SL}}{\frac{Scaled\ \ Deviance\ \ of\ SL}{df\ SL}}$$

در این رابطه SSE CL مجموع مربعات خطا در مدل عرض از مبدأ ثابت، SL SSE مجموع مربعات خطا در مدل خطوط جداگانه،CL df درجه آزادی مدل عرض از مبدأ ثابت و SL df درجه آزادی مدل خطوط جداگانه می‌باشد.

معنی‌دار بودن میزان F value بیانگر این است که علاوه بر متغیر بودن میزان شیب برای هریک از معادلات، یک مقدار ثابت نیز در معادله تأثیر خواهد داشت. در این صورت برازش کردن مدل Common Line خطای آزمایشی را نسبت به مدل Separate Line افزایش می‌دهد. ولی چنانچه میزان F value معنی‌دار نباشد نشان می‌دهد ثابت معادله برای همه محیط‌ها یکسان می‌باشد و در این صورت برازش کردن مدل Common Line خطای آزمایشی را نسبت به مدل Separate Line افزایش نمی‌دهد. در این آزمایش خطای آزمایش معنی دار نشد و مدل با Common Line برازش گردید. برای تعیین ضرایب منحنی جوانه‌زنی نرمال در مقابل زمان انبارداری برای همه تیمارهای دمایی و رطوبتی رسم گردید و سپس برای تک تک تیمارها آنالیز پروبیت انجام شد. تجزیه پروبیت باعث خطی شدن منحنی جوانه‌زنی در زمان شد. معکوس شیب منحنی جوانه‌زنی در مقابل زمان انبارداری به‌عنوان سیگما (σ) در نظر گرفته می‌شود.

محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها از طریق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم نمودار رگرسیونی خطی برای نمایش همبستگی داده‌های محاسباتی با داده‌های آزمایشی از رگرسیون مستقیم استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی شامل دمای انبارداری، محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری برای شاخص‌های جوانه‌زنی و نشت الکترولیت بذر باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه عامل‌های آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۱).

روند جوانه‌زنی بذر باقلا در شرایط مختلف انبارداری نشان داد با افزایش طول دوره انبارداری جوانه‌زنی کاهش یافت. این کاهش در دماها و رطوبت‌های مختلف متفاوت بود. تغییرات جوانه‌زنی بذر طی انبارداری به دما نسبت به رطوبت بیشتر واکنش نشان داد و به طوری که در دما ۴۵ درجه سلسیوس، طول دوره ماندگاری بذر در انبار بسیار کمتر از دمای ۱۵ درجه سلسیوس بود. در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبت بذر ۶ درصد، جوانه‌زنی پس از ۲۷۰ روز انبارداری از ۹۴ درصد به ۸۱ درصد کاهش یافت. این در حالی است که در همین بازه زمانی و شرایط رطوبتی مشابه با افزایش دما از ۱۵ به ۴۵ درجه سلسیوس پس از ۲۷۰ روز انبارداری جوانه‌زنی به ۳۵ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

با افزایش رطوبت در دماهای مختلف جوانه‌زنی شیب نزولی داشت به‌طوری که در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبت بذر ۶ درصد، جوانه‌زنی پس از ۲۷۰ روز انبارداری به ۸۱ درصد کاهش یافت ولی با افزایش محتوی رطوبت بذر از ۶ به ۲۲ درصد، این شاخص به زیر ۱۰ درصد رسید. در دمای ۳۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبتی ۱۴ و ۱۸ درصد به‌ترتیب جوانه‌زنی پس از ۱۸۰ و ۹۰ روز به صفر رسید. در دمای ۴۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبتی بذر ۱۴، ۱۸ و ۲۲ جوانه‌زنی پس از ۳۰ روز انبارداری به صفر رسید (شکل ۱).

هاشمی[1] و همکاران (۲۰۱۸) بذر اسفرزه (*Plantago ovata*) را تحت شرایط دمایی (۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس)، محتوی رطوبت بذر (۵، ۹، ۱۳ و ۱۷ درصد) به‌مدت ۶ ماه انبار کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش دما و رطوبت انبارداری با گذشت زمان شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی) کاهش یافت.

هونگ و همکاران (۲۰۰۱) با نگه‌داری بذرهای گوجه فرنگی در دماهای مختلف ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس مشاهده کردند که شیب از دست رفتن قوه نامیه بذر در ۱۰ درجه سلسیوس ناچیز بود و در ۲۰ درجه سلسیوس شدت بیشتری داشت. در دمای بیش از ۲۰ درجه سلسیوس، بذرها به‌شدت زوال پیدا کردند و تنها در طی ۲ تا ۳ ماه، جوانه‌زنی به نصف کاهش یافت. در یک پژوهش بذرهای ماش را با رطوبت‌های اولیه ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ درصد و در دمای ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۲۷ درجه سلسیوس برای یک دوره ۱۸ ماهه انبار کردند و مشاهده شد که با افزایش رطوبت بذر و درجه حرارت، زوال بذر افزایش یافت (پردیدونگ[2] و هکاران، ۲۰۰۴).

محتوی رطوبتی بالای بذر سبب افزایش سرعت تنفس می‌شود که خود سبب بالا رفتن دما می‌گردد (عالیوند و همکاران، ۲۰۱۳). مهم‌ترین عاملی که تنفس و تولید گرما را در بذر تحت تأثیر قرار می‌دهد، رطوبت بذر است. درصد جوانه‌زنی بذرهای سویا، ذرت و آفتابگردان به‌ترتیب قبل از انبارداری ۹۱، ۸۸ و ۸۹ درصد بود که پس از چهار سال انبارداری، درصد جوانه‌زنی به‌طور متوسط در ذرت ۷۲ درصد، سویا ۵۰ درصد و در آفتابگردان ۳۵ درصد کاهش یافت و نشان داد طی انبارداری جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و این کاهش در بذرهای روغنی سویا و آفتابگردان بیشتر است (اشمیت[3]، ۲۰۰۷). تغییرات کوچک در رطوبت بذر زمانی زمانی که بین ۱۲ تا ۱۶ درصد باشد، تأثیر زیادی بر قابلیت انبارداری دارد. با افزایش رطوبت بذر و دما، قدرت بذر نخستین جزء کیفیت بذر است که کاهش می‌یابد و به‌دنبال آن جوانه‌زنی و قوه نامیه کاهش می‌یابند (باسرا[4] (باسرا[4] و همکاران، ۲۰۰۳).

شکل (۲) بیانگر نتایج مربوط به روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی بذر باقلا تحت شرایط مختلف انبارداری است که با افزایش محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری در هر سطح دمایی، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و کاهش در این شاخص در دماها و رطوبت‌های بالاتر بیشتر بود، به‌طوری که با افزایش دمای انبار، این شاخص با سرعت بیشتری کاهش یافت. در سطح دمایی ۱۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد، سرعت جوانه‌زنی پس از ۲۷۰ روز انبارداری از ۶ بذر جوانه‌زده در روز به ۴ بذر جوانه‌زده در روزکاهش یافت. در همین دما و محتوی رطوبت بذر ۱۸ درصد پس از ۳۰ روز انبارداری تعداد بذر جوانه‌زده در روز به ۴ بذر کاهش یافت. در محتوی رطوبت ۲۲ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری، تعداد بذر جوانه‌زده به کمتر از یک بذر در روز رسید. در سطح دمایی ۴۵ درجه سلسیوس روند کاهش سرعت جوانه‌زنی بیشتر بود به‌طوری که در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد تعداد بذر جوانه‌زده پس از ۲۷۰ روز انبارداری به کمتر از ۳ بذر جوانه‌زده در روز رسید و در همین دما با افزایش محتوی رطوبت بذر از ۶ به ۱۰ درصد بعد از ۹۰ روز سرعت جوانه‌زنی به صفر رسید.

[1] Hashemi
[2] Pradidwong
[3] Schmidt
[4] Basra

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر دمای انبارداری، محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر باقلا رقم شامی و هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر

Table 1. Analysis of variance of storage temperature (ST), seed moisture content (SMc) and storage duration (SD) effects on faba bean seed (cv. Shami) germination traits and electrical conductivity (EC) of seed exudates

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	شاخص وزنی بنیه گیاهچه Seedling weight vigour index	نشت الکترولیت Electrolyt leakage
دمای انبارداری Storage temperature (ST)	3	124629.20**	356.79**	2.66**	2.08**	5.98**	21088.30**
محتوی رطوبت بذر Seed moisture content (SMc)	4	120114.30**	283.68**	1.13**	1.00**	3.99**	9957.50**
زمان انبارداری Storage duration (SD)	9	32525.70**	151.16**	1.22**	0.80**	4.86**	4332.00**
ST×SMc	12	10976.90**	32.83**	0.06**	0.10**	0.19**	1602.20**
ST×SD	27	1787.70**	5.36**	0.04**	0.04**	0.12**	452.19**
SMc×SD	36	1653.70**	4.40**	0.01**	0.01**	0.06**	183.94**
ST×SMc×SD	108	1055.90**	2.89**	0.01**	0.01**	0.02**	59.77**
خطای آزمایش Error	800	59.18	0.25	0.002	0.002	0.004	11.59
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	-	15.34	19.11	23.37	23.80	20.88	13.13

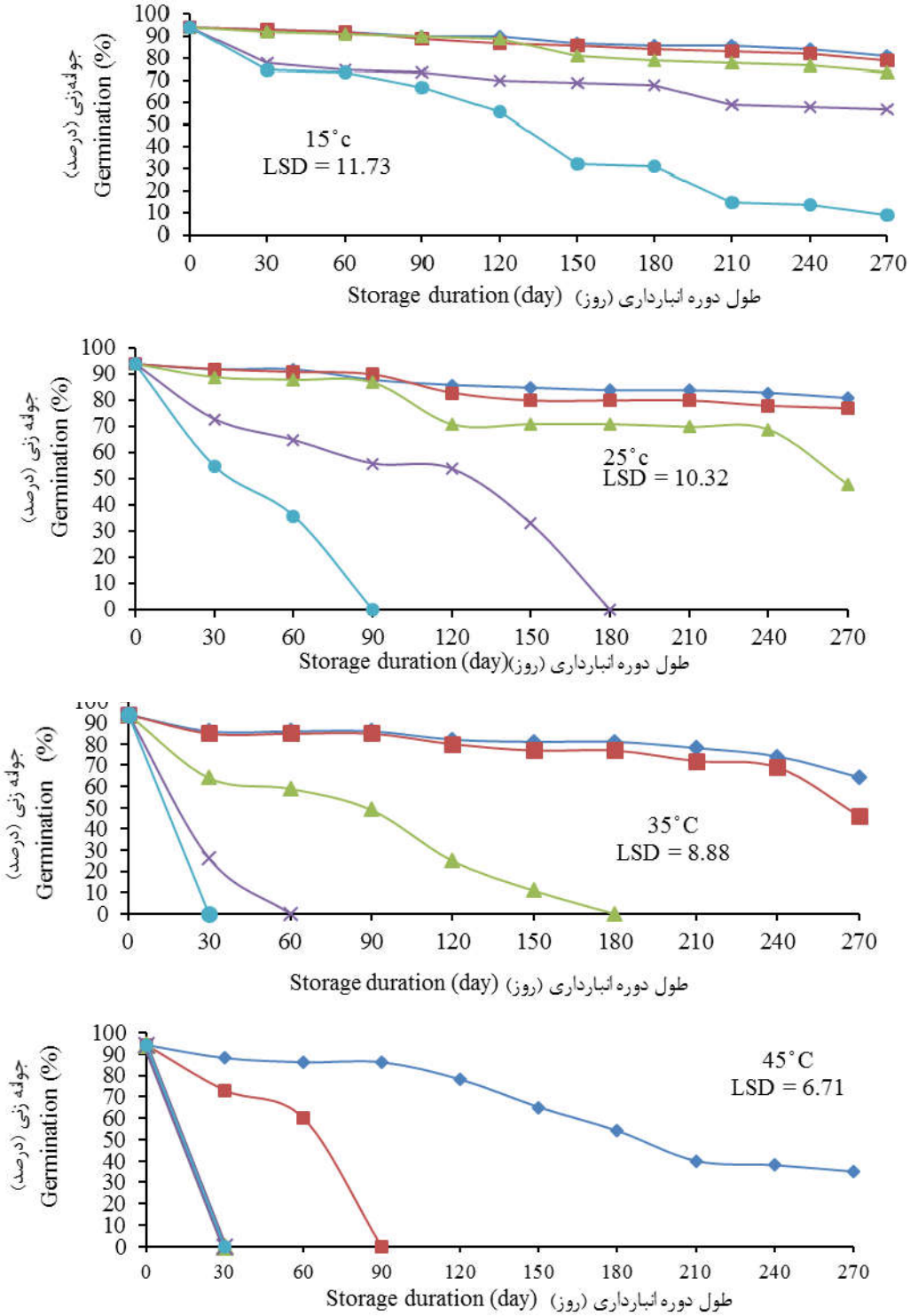
** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

** Indicate significant difference at 1% probability level.

طباطبائی[1] (۲۰۱۴) بیان داشت که با افزایش در طول دوره انبارداری سرعت جوانه‌زنی بذر جو به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج پژوهش معین‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) روی عدس و نخود در شرایط دمایی (۵، ۱۹، ۳۳ و ۴۷ درجه سلسیوس)، محتوی رطوبت بذر (۵، ۱۲ و ۱۹ درصد) طی ۶ ماه انبارداری، نشان داد که با افزایش دما و محتوی رطوبت بذر در فرآیند زمان سرعت جوانه‌زنی نخود و عدس کاهش یافت. در مورد عدس این کاهش با افزایش زمان انبارداری شیب بیشتری داشت. رستگار[2] و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی روی بذرهای سویا اظهار داشتند که با افزایش دوره پیری، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. زوال بذر باعث تخریب بافت بذر، آغاز پوسیدگی و کاهش شدید آنزیم‌های درون بذری برای جوانه‌زنی می‌شود. کاهش سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به دلیل وقفه‌ای است که در شروع فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای زوال یافته ایجاد می‌شود. علت وقفه ایجاد شده، احتمالاً این است که بذر برای تعمیر خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد فعالیت سامانه آنتی اکسیدانتی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و ترمیم این خسارت‌ها فقط پس از جذب آب توسط بذر امکان پذیر است (بیات[3] و همکاران، ۲۰۱۶). بنابراین مدت زمان لازم برای تکمیل فرایند جوانه‌زنی در بذرهای زوال یافته افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش سرعت جوانه‌زنی است (بایلی[4]، ۲۰۰۴).

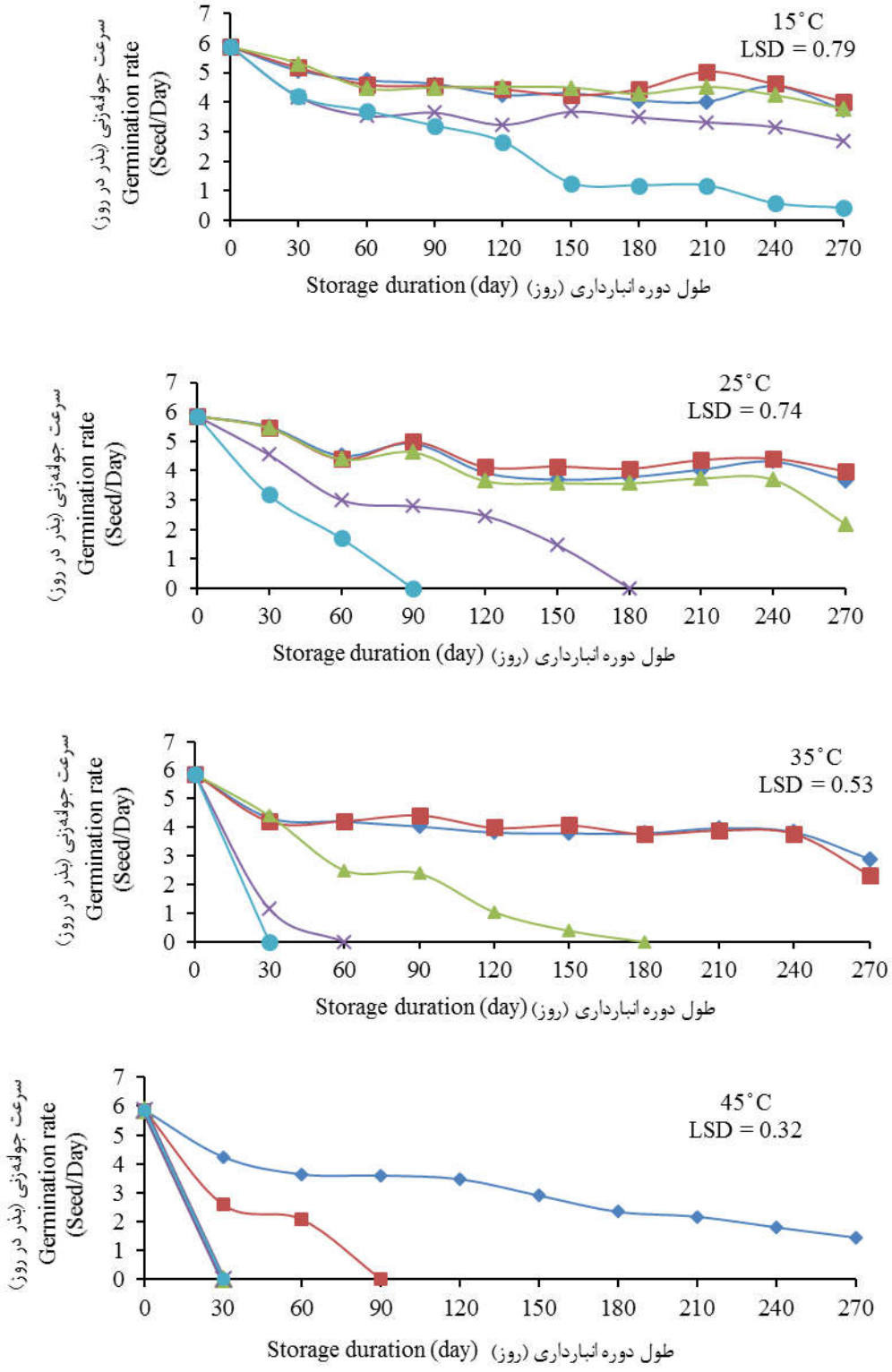
به‌طور کلی می‌توان گفت با افزایش دما، محتوی رطوبتی بذر و طول دوره انبارداری، سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (بلدی[5]، ۲۰۱۴).

[1] Tabatabei
[2] Rastegar
[3] Bayat
[4] Bailly
[5] Baladi



شکل ۱. درصد جوانه‌زنی بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 1. Germination percentage of faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.



شکل ۲. سرعت جوانه‌زنی بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 2. Germination rate of faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.

شکل (۳) بیانگر اثر محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری در هر دما است که با افزایش محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری، وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت. بذرهای انبارشده در دمای ۱۵ درجه سلسیوس با محتوی رطوبت ۶ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری، وزن خشک ریشه‌چه از ۰/۴۸ به ۰/۳۱ گرم کاهش یافت. این در حالی است که با افزایش محتوی رطوبتی از ۶ به ۲۲ درصد، شیب کاهش این شاخص بیشتر بود که پس از ۲۷۰ روز انبارداری به ۰/۱۵ گرم کاهش یافت. وزن خشک ریشه‌چه پس از ۳۰ روز انبارداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با محتوی رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد به‌ترتیب ۰/۳۷، ۰/۳۵ و ۰/۳۵ گرم کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش طول دوره انبارداری از ۳۰ به ۲۷۰ روز این کاهش به ۰/۲۲، ۰/۲۰ و ۰/۱۸ گرم رسید. در همین دما با محتوی رطوبتی ۱۸ و ۲۲ درصد پس از ۱۸۰ و ۹۰ روز انبارداری این شاخص کاهش یافت و به صفر رسید.

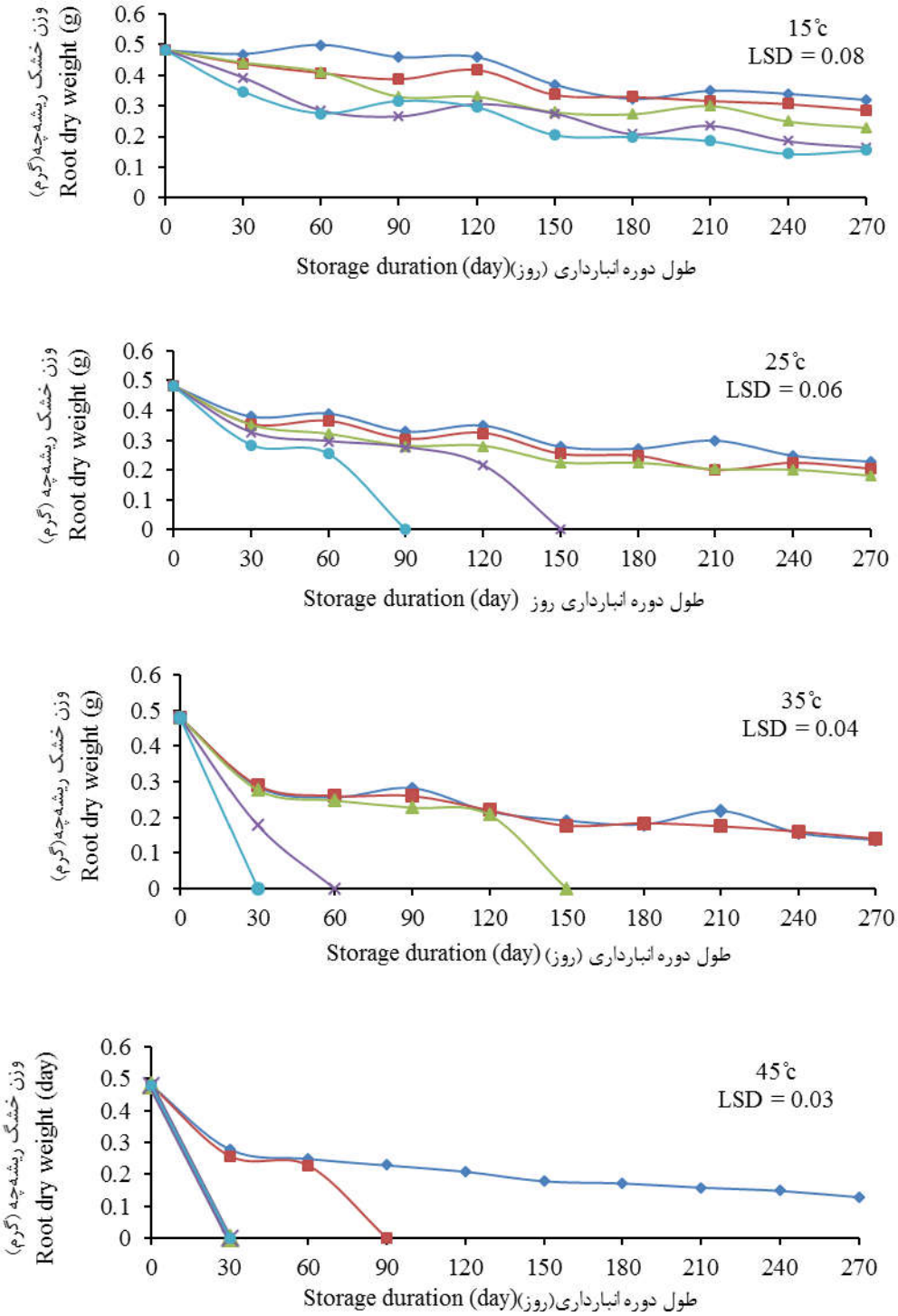
در دمای ۳۵ درجه سلسیوس نیز کاهش وزن خشک ریشه‌چه پس از ۳۰ روز انبارداری در همه سطوح محتوی رطوبتی مشهود بود به‌طوری‌که تقریباً به نصف کاهش یافت. این درحالی است که بذرهای انبارشده در محتوی رطوبت بذر ۱۴ و ۱۸ درصد به ترتیب پس از ۱۵۰ و ۳۰ روز انبارداری نسبت به زمان شروع انبارداری به ۰/۱۹ و ۰/۱۷ گرم کاهش یافت و در نهایت به صفر رسید. در دمای ۴۵ درجه سلسیوس با محتوی رطوبتی ۱۰ درصد، پس از ۶۰ روز انبارداری، وزن خشک ریشه‌چه از ۰/۴۸ به ۰/۲۲ گرم رسید به‌عبارتی ۵۶/۲ درصد نسبت به زمان شروع انبارداری کاهش یافت و پس از ۹۰ روز انبارداری صفر گردید (شکل ۳).

در پژوهش بلوچی[1] و همکاران (۲۰۱۳) روی سه رقم کلزا تحت تنش پیری تسریع شده بیان کردند که با افزایش دما و زمان پیری بذر در هر رقم، وزن خشک ریشه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین راحمی کاریزکی[2] و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند با افزایش زوال شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گندم از جمله وزن خشک ریشه‌چه کاهش یافت. کاهش در وزن خشک گیاهچه در طی زوال بذر می‌تواند به‌دلیل کاهش رشد گیاهچه در اثر زوال و کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای بذر به گیاهچه باشد (محمدی[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

وزن خشک ریشه‌چه به‌عنوان شاخصی مهم جهت ارزیابی کیفیت بذر معرفی می‌شود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک ریشه‌چه با درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۸۸^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r=۰/۸۸^{**}$) نشان دهنده این است که بذرهایی که درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشتری دارند، گیاهچه‌هایی تولید می‌کنند که دارای طول ریشه‌چه و ساقه‌چه قابل توجهی هستند و در نهایت وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتری را دارا هستند. (جدول ۳).

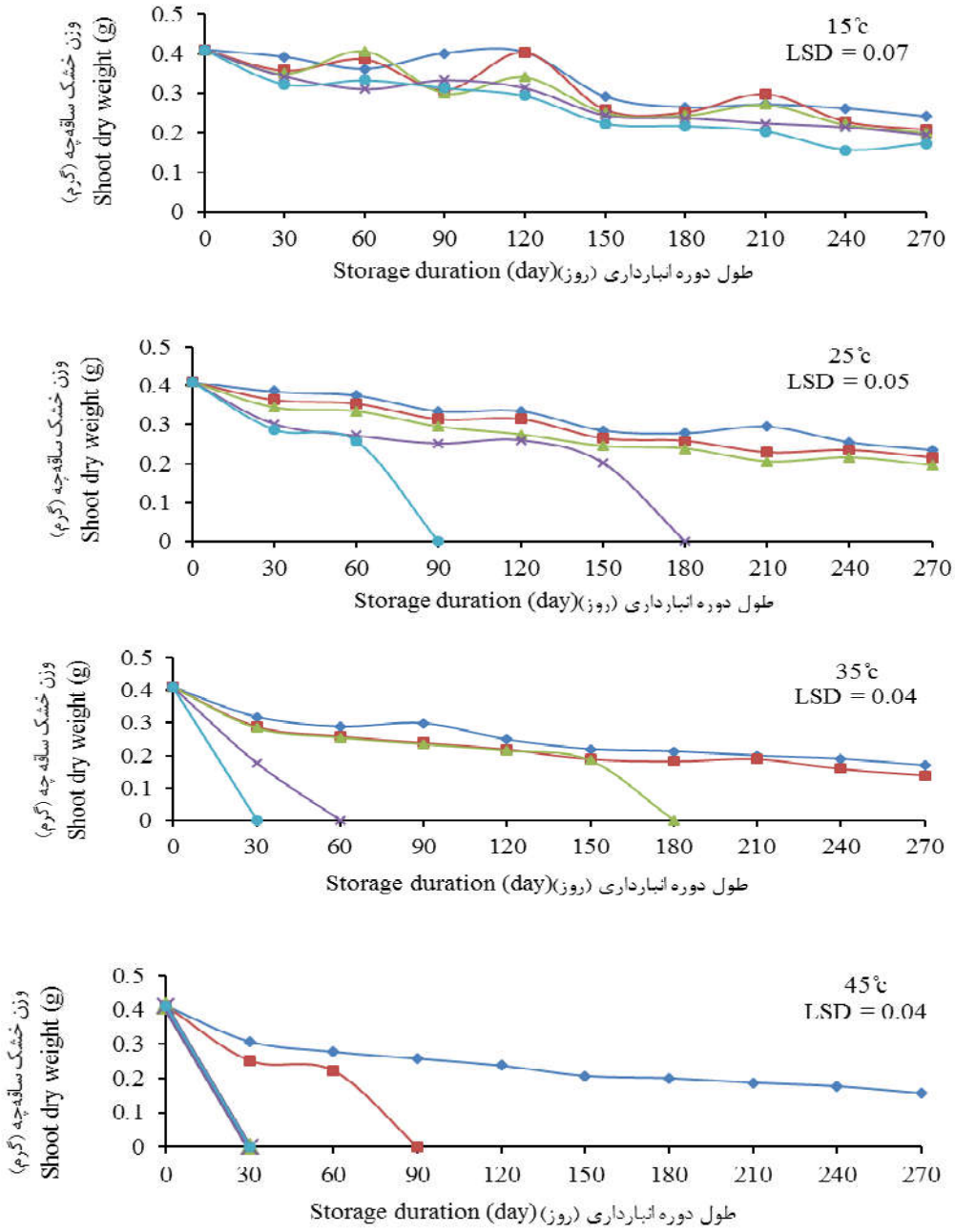
تغییرات روند وزن خشک ساقه‌چه طی دوره انبارداری و محتوی رطوبت بذر در هر دما نیز مانند وزن خشک ریشه‌چه شیب کاهشی داشت. در دمای ۱۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبتی ۶ درصد پس از ۲۷۰ روز، وزن خشک ساقه‌چه از ۰/۴۱ به ۰/۲۴ گرم کاهش یافت و نزدیک ۴۰ درصد نسبت به زمان شروع انبارداری کاهش یافت. در همین بازه زمانی و دمایی با افزایش محتوی رطوبتی از ۶ به ۲۲ درصد، این مقدار به ۰/۱۷ گرم رسید که حدود ۵۸ درصد نسبت به زمان شروع انبارداری کاهش داشت. در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز کاهش این شاخص مشاهده شد به‌طوری که در محتوی رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد شیب کاهش وزن خشک ساقه‌چه یکنواخت بود. بذرهای انبارشده با محتوی رطوبتی ۱۸ و ۲۲ درصد به‌ترتیب پس از ۱۵۰ و ۶۰ روز انبارداری به ۰/۲۰ و ۰/۲۵ گرم نسبت به مقدار اولیه کاهش یافتند و در نهایت صفر شدند. در دمای ۳۵ درجه سلسیوس وزن خشک ساقه‌چه طی دوره انبارداری کاهش بیشتری نسبت به دو دمای قبلی نشان داد، به‌طوری‌که پس از ۳۰ روز این شاخص نسبت به مقدار اولیه با افزایش محتوی رطوبتی از ۶ به ۲۲ درصد، ۱۰۰

[1] Balouchi
[2] Rahemi Karizki
[3] Mohammadi



شکل ۳. وزن خشک ریشه‌چه بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد:▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 3. Root dry weight of faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.



شکل ۴. وزن خشک ساقه‌چه بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 4. Shoot dry weight of faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.

درصد کاهش یافت و از ۰/۳۱ گرم در محتوی رطوبتی ۶ درصد به صفر در محتوی رطوبتی ۲۲ درصد رسید. در دمای ۴۵ درجه سلسیوس شیب کاهش وزن خشک ساقه‌چه با افزایش محتوی رطوبتی نسبت به دماهای قبلی شدیدتر بود بدین‌صورت‌که در محتوی رطوبتی ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد پس از ۳۰ روز انبارداری نسبت به مقدار اولیه به صفر رسید (شکل ۴). در بررسی دو رقم بذر نخود به‌مدت ۰، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. پس از آن درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و گیاهچه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

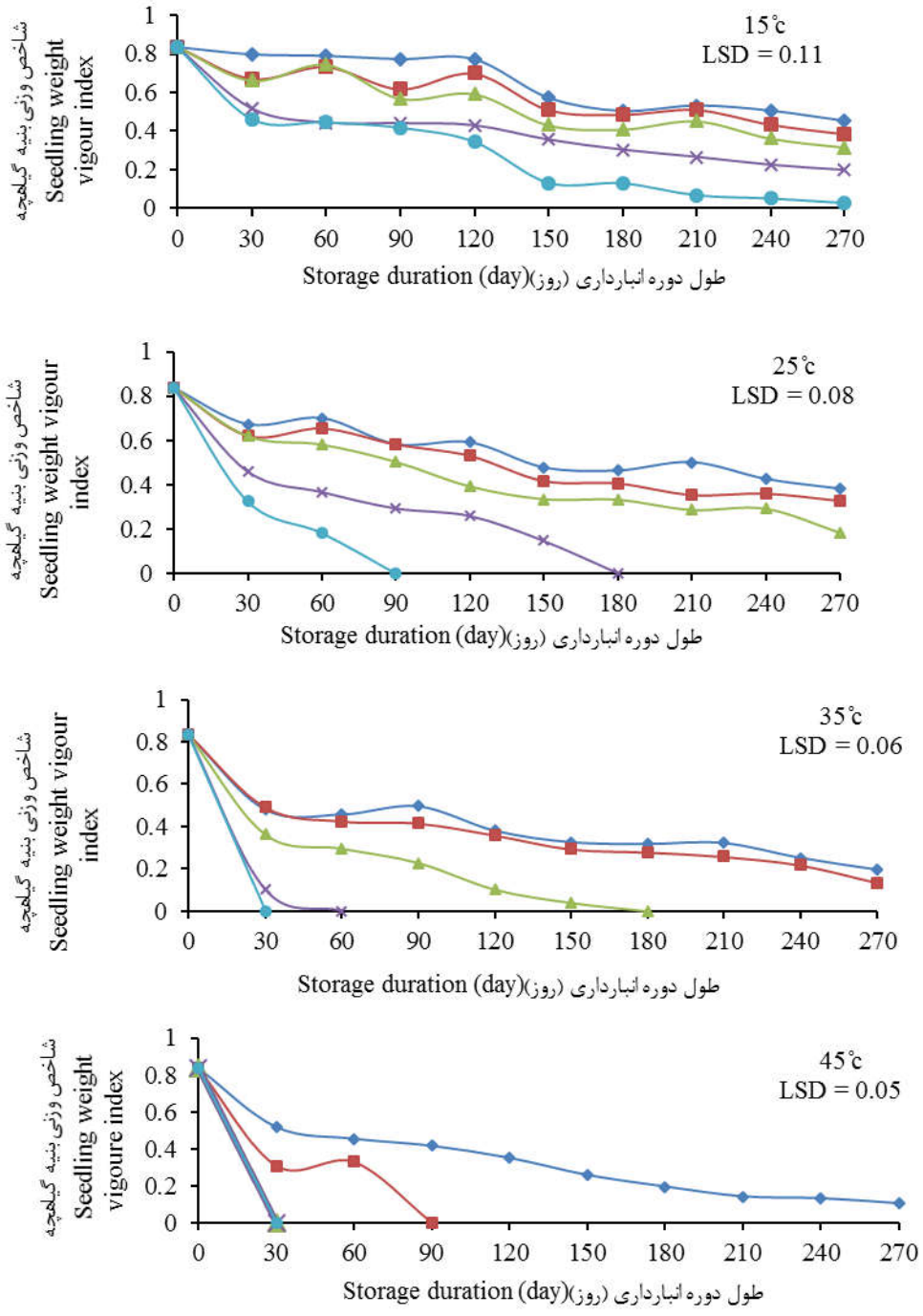
درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه با افزایش انبارداری کاهش یافت و پس از زمان ۲۱ روز به صفر رسید (بیابانی[1] و همکاران، ۲۰۱۱). سیادت[2] و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که با افزایش در زوال بذر، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه ذرت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتایج این آزمایش مشابهت داشت.

بذرها براساس این‌که نحوه تولید و نگهداری آنها چگونه بوده باشد، دارای کیفیت و بنیه متفاوتی هستند و این شرایط می‌تواند بطور مستقیم بر وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه مؤثر باشد. احتمالاً کاهش وزن خشک ساقه‌چه در اثر زوال می‌تواند به علت کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای از لپه به محور زیر لپه باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک ساقه‌چه با درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۸۹^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r=۰/۸۹^{**}$) مؤید این موضوع است که بذری که با سرعت بیشتری جوانه بزند، دارای درصد جوانه‌زنی بیشتر بوده و به تبع آن وزن خشک ساقه‌چه بیشتری هم دارد (جدول ۳).

شکل (۵) بیانگر این است که با افزایش محتوی رطوبتی و طول دوره انبارداری در هر دما شاخص وزنی بنیه گیاهچه کاهش یافت. این کاهش در دماها و رطوبت‌های مختلف متفاوت بود. شاخص وزنی بنیه گیاهچه در دمای ۱۵ درجه سلسیوس با محتوی رطوبتی ۶ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری از ۰/۸۴ به ۰/۴۵ رسید. به‌طوری‌که در همین بازه زمانی و دمایی با افزایش محتوی رطوبتی از ۶ به ۲۲ درصد، این شاخص به‌شدت کاهش و به ۰/۰۲ رسید. بذرهای انبارشده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز کاهش بنیه گیاهچه را به‌خوبی نشان دادند که پس از ۲۷۰ روز انبارداری و محتوی رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد، به‌ترتیب این شاخص نسبت به مقدار اولیه به ۰/۳۷، ۰/۳۲ و ۰/۱۷ رسید. همچنین در محتوی رطوبتی ۱۸ و ۲۲ درصد به‌ترتیب پس از ۱۸۰ و ۹۰ روز انبارداری، این شاخص کاملاً افت یافت و به صفر رسید. کاهش شاخص وزنی بنیه گیاهچه در دمای ۳۵ درجه سلسیوس بیشتر از دو دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس بود، بدین صورت که در همه سطوح مختلف رطوبتی پس از ۳۰ روز انبارداری کاهش چشمگیری نسبت به شروع زمان انبارداری نشان داد و در محتوی رطوبتی ۱۸ و ۲۲ درصد، کاهش این شاخص به‌ترتیب پس از ۶۰ و ۳۰ روز انبارداری به صفر رسید. بذرهای انبارشده در دمای ۴۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبتی ۶ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری، بنیه گیاهچه به زیر ۰/۱۵ کاهش یافت و همچنین در محتوی رطوبتی ۱۰ درصد پس از ۹۰ روز، این شاخص به صفر رسید (شکل ۵).

سلطانی[3] (۲۰۱۵) در پژوهشی روی بذر کرچک بیان کرد با افزایش محتوی رطوبت بذر و دما، بذرها دچار زوال شده و در پی آن شاخص‌های جوانه‌زنی اعم از درصد جوانه‌زنی، وزن گیاهچه و شاخص وزنی بنیه گیاهچه کاهش یافت. جعفری[4] (۲۰۱۴) در پژوهشی بر روی گیاه رازیانه تحت شرایط مختلف انبارداری گزارش کرد با افزایش دما و محتوی رطوبت بذر، شاخص وزنی بنیه گیاهچه نسبت به شاهد کاهش یافت. دما، محتوی رطوبت بذر و طول دوره انبارداری از عوامل اصلی در حفظ قابلیت حیات بذر هنگام نگهداری در انبار می‌باشند. در صورت بالا بودن دما و محتوی رطوبت بذر، بذرها سریع‌تر زوال یافته و ضمن کاهش کیفیت، سرانجام منجر به مرگ بذر می‌شود (مک‌دونالد، ۱۹۹۹).

[1] Biabani
[2] Seiadat
[3] Soltani
[4] Jafari



شکل ۵. شاخص وزنی بنیه گیاهچه بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 5. Seedling weight vigour index of faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.

یکی از شاخص‌های تعیین کننده کیفیت بذر، شاخص وزنی بنیه گیاهچه می‌باشد که از طریق درصد جوانه‌زنی کل و وزن گیاهچه روی کیفیت بذر مؤثر است. بذرهایی که دارای بنیه قوی‌تر باشند، توانایی بالایی در تحمل تنش‌های محیطی دارند و ضمن داشتن درصد بالایی از جوانه‌زنی قادرند گیاهچه‌های قوی‌تری تولید کنند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص وزنی بنیه گیاهچه با درصد جوانه‌زنی ($r=۰/۹۱^{**}$) و وزن گیاهچه ($r=۰/۹۴^{**}$) می‌تواند نشان دهنده این موضوع باشد (جدول ۳).

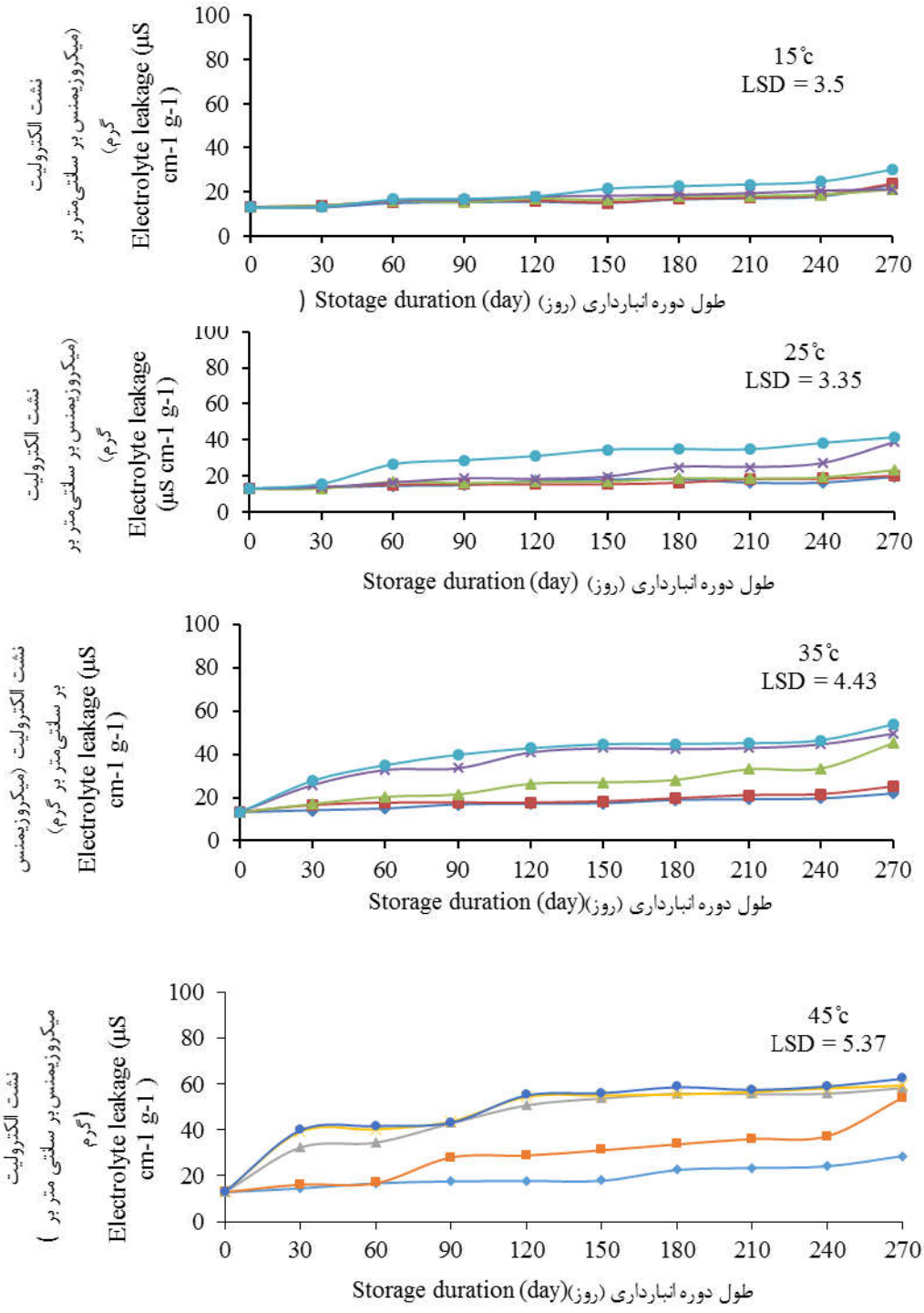
نتایج مربوط به آزمون هدایت الکتریکی در بذر باقلا تحت شرایط مختلف انبارداری نشان دادکه با افزایش طول دوره انبارداری میزان نشت مواد افزایش یافت. در دمای ۱۵ درجه سلسیوس بذرهای انبارشده با محتوی رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد بیشترین ماندگاری را در انبار داشتند و تفاوت چندانی نشان ندادند. به‌طوری‌که نشت مواد در این سطوح رطوبتی پس از ۲۷۰ روز انبارداری به کمتر از $۲۴\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ افزایش یافت؛ همچنین در همین دما و محتوی رطوبتی ۲۲ درصد، نشت مواد پس از ۲۱۰ روز انبارداری به $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ ۲۳/۴۶ رسید و پس از ۲۷۰ روز انبارداری به بیش از دو برابر نسبت به زمان شروع انبارداری افزایش یافت. بذرهای انبارشده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز روندی مشابه دمای ۱۵ درجه سلسیوس نشان دادند با این تفاوت که افزایش نشت مواد از بذرها در محتوی رطوبتی ۲۲ و ۱۸ درصد پس از ۶۰ و ۱۸۰ روز انبارداری شدیدتر شد و در سطوح رطوبتی ۶، ۱۰ و ۱۴ درصد تفاوت چندانی نداشتند (شکل ۶).

در دمای ۳۵ درجه سلسیوس افزایش نشت مواد از بذرها پس از ۳۰ روز انبارداری شروع شد، به‌طوری‌که در محتوی رطوبتی ۱۸ و ۲۲ درصد، در این بازه زمانی از ۱۳/۰۱ به بیش از $۲۶\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ افزایش یافت. این درحالی است که در همین دما در محتوی رطوبتی ۶ و ۱۰ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری نشت مواد به‌ترتیب نسبت به زمان شروع انبارداری به ۲۱/۹۶ و $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ ۲۵/۰۳ افزایش یافت. افزایش نشت مواد در دمای ۴۵ درجه سلسیوس نسبت به سایر دماها شدیدتر بود که در محتوی رطوبتی ۶ درصد، پس از ۲۷۰ روز انبارداری به $۲۸/۵۷\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ افزایش یافت. در همین دما با افزایش محتوی رطوبتی میزان نشت مواد از بذر افزایش یافت و خطوط رطوبتی از هم فاصله گرفتند بدین‌صورت‌که در محتوای رطوبت ۲۲ درصد پس از ۲۷۰ روز انبارداری میزان نشت مواد تقریباً ۵ برابر زمان شروع انبارداری شد (شکل ۶).

در پژوهش حاضر هدایت الکتریکی برای دماهای ۱۵ و ۲۵ درجه سلسیوس در همه سطوح محتوی رطوبت بذر اختلاف چندانی را نشان نداد که بیانگر این است، آزمون هدایت الکتریکی برای دماهای پایین انبارداری قابلیت تفکیک بین بذرها را ندارد. در بررسی روی بذرهای سویا در فرایند ۱۸ ماه انبارداری در دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس و نمونه‌گیری‌های سه ماه یک بار نشان داده شد، هدایت الکتریکی به‌خوبی روند کاهش کیفی بذر نگهداری شده در دمای ۱۰ درجه سلسیوس را نشان نمی‌دهد، درحالی‌که در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس آن را به‌خوبی نشان داد. یکی از نشانه‌های زوال، آسیب به غشای یاخته‌ای است که افزایش نشت الکترولیت‌ها را در پی دارد (ربروال و ماریستلا[1]، ۲۰۰۷).

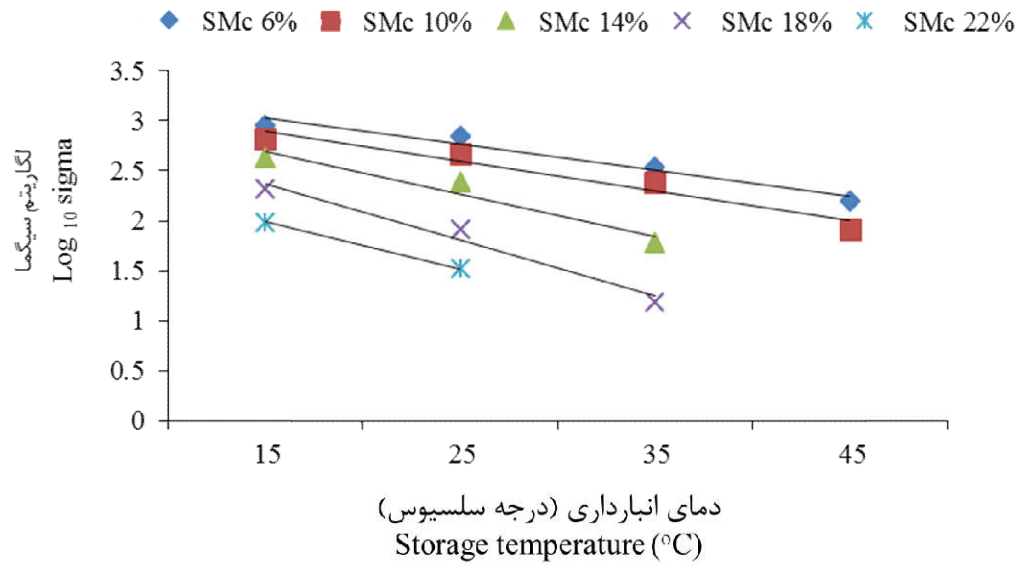
پژوهش معین‌زاده و همکاران (۲۰۱۸) روی بذرهای عدس و نخود نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارداری بیش از ۱۶۰ روز و دماهای ۳۳ و ۴۷ درجه سلسیوس و محتوای رطوبت بذر ۱۹ درصد، هدایت الکتریکی افزایش یافت. در طی فرآیند جوانه‌زنی در حالی‌که محتوی رطوبت بذر افزایش می‌یابد، گونه‌های فعال اکسیژن بر اثر فعالیت تنفسی در میتوکندری یا فعالیت گلی اکسی‌زوم‌ها تولید می‌شوند. افزایش تولید و آزاد شدن گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های غشا شده و به‌دنبال آن ساختار غشاهای سلولی به‌هم خورده و غشاها سلامت خود را از دست می‌دهند و در نتیجه میزان نشت الکترولیت‌ها از سلول افزایش می‌یابد. مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر افزایش و به دنبال آن درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (گوئل و شوران[2]، (

[1] Roberval and Maristela
[2] Goel and Sheoran



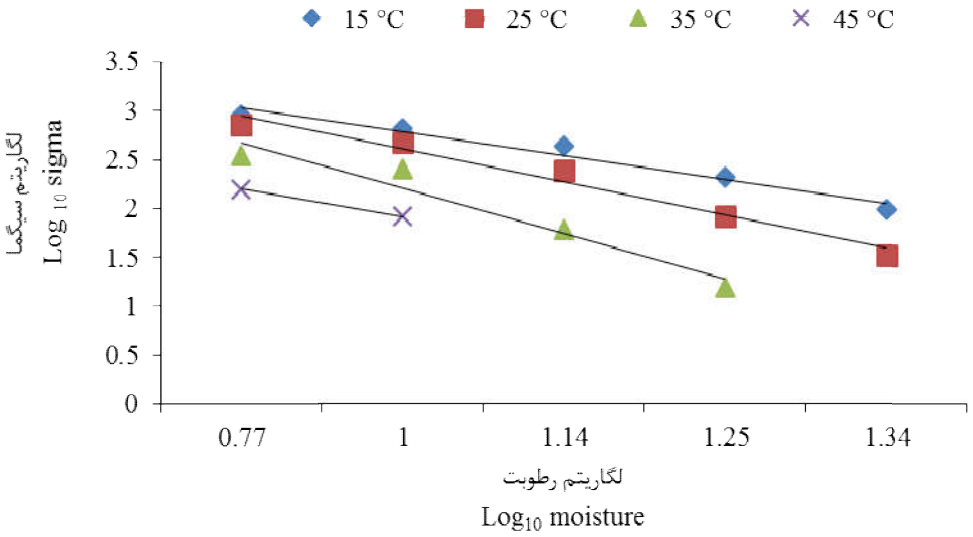
شکل ۶. نشت الکترولیت بذر باقلا، انبار شده در محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ● تحت دماهای مختلف.

Fig. 6. Electrolyte leakage in faba bean seed, stored with seed moisture contents of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●, at different temperatures.



شکل ۷. تأثیر دمای انبارداری بر لگاریتم سیگما در رطوبت‌های ۶، ۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد بذر باقلا

Fig.7. The effect of storage temperature on log 10 δ at 6, 10, 14, 18 and 22% seed moisture contents (SMc) in faba bean seed



شکل ۸. تأثیر رطوبت انبارداری بر لگاریتم سیگما در دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سلسیوس بذر باقلا

Fig. 8. The effect of storage moisture on log 10 δ at 15, 25, 35 and 45 °C temperatures in faba bean seed

جدول ۲. ضریب‌های حیات بذر باقلا رقم شامی

Table 2. Viability constant value of faba bean seed (cv. Shami)

C_Q	C_H	C_W	K_E
0.000017	0.03201	2.13041	-5.39697

۲۰۰۳). همبستگی منفی و معنی‌دار میان نشت الکترولیت‌ها با درصد جوانه‌زنی (r= -۰/۸۳**) و سرعت جوانه‌زنی (r= -۰/۸۰**) نشان‌دهنده این موضوع بود (جدول ۳).

در شکل (۷) رابطه بین لگاریتم سیگما و دما برای رطوبت‌ها و در شکل (۸) رابطه بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر برای هر دما ارائه شده است. رابطه بین لگاریتم سیگما و دما خطی است که با افزایش دما در همه رطوبت‌ها، لگاریتم سیگما به‌صورت خطی کاهش می‌یابد.

خطوط مربوط به سطوح رطوبت تا حدودی موازی‌اند که نشان می‌دهد، در هر سطح رطوبتی با افزایش دما میزان لگاریتم سیگما به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. بین لگاریتم سیگما و دما نتایج همسانی در بذرهای پنبه مشاهده شد که نشان داد، این رابطه خطی است (یوزبرتی[1]، ۲۰۰۷). در بررسی‌های انجام شده روی گیاه کلزا نیز نتایج همسانی به‌دست آمد (عالیوند و همکاران ۲۰۱۳). موازی بودن خطوط مربوط به سطوح رطوبت به‌صورت موازی به این معناست که با افزایش رطوبت، دما، اثری بر این روند کاهشی نداشته است، یعنی با افزایش دما روند افزایش رطوبت در این محدودهٔ رطوبتی آزمایش شده تأثیر نداشت و موجب انحراف خطوط نشد، اما ممکن بود با کاهش رطوبت در حد رطوبت‌های کمتر، این حالت از روند موازی خارج شود که در این حالت گفته می‌شود در آن رطوبت یا دمای خاص محتوی رطوبت بذر نباید از آن حد کمتر باشد (شریف‌زاده و دهقان[2]، ۲۰۱۲). در بذر گیاهان کدو تخم کاغذی، گاوزبان و سیاه‌دانه نیز گزارش شد که رابطه بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر خطی است که با افزایش رطوبت بذر در همه دماها، لگاریتم سیگما به‌صورت خطی کاهش می‌یابد (قادری‌فر[3] و همکاران، ۲۰۱۰).

برای تعیین ضریب‌های ثابت دمایی و رطوبتی معادله حیات از رگرسیون چندجمله‌ای استفاده شد که مقادیر آن در جدول (۲) ارائه شده است. به‌این ترتیب فرم کلی معادله حیات بذر باقلا به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$V= Ki- p/10^{K_E- C_W \log_{10} m- C_H t- C_Q t^2}$$

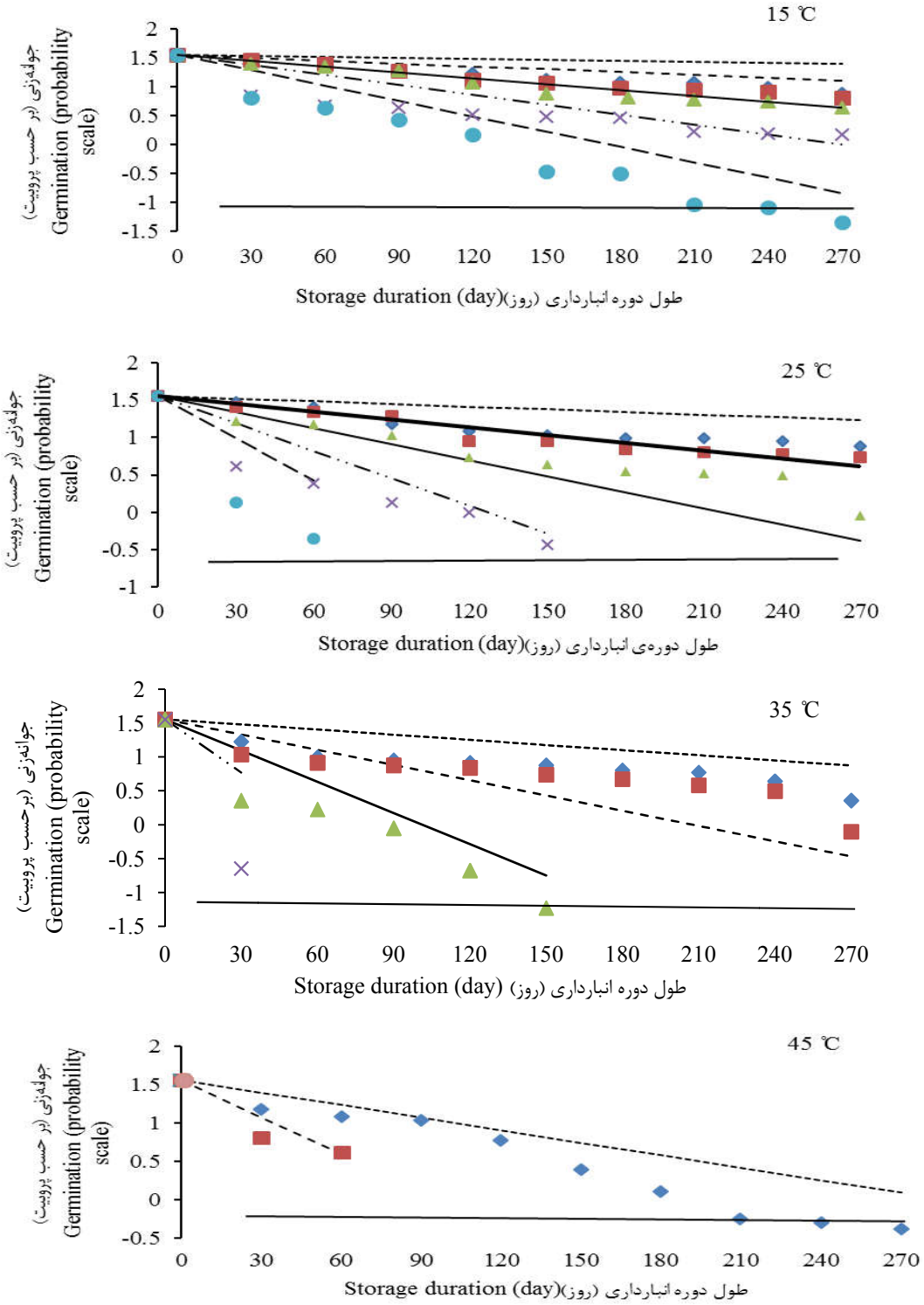
$$V= Ki- p/10^{5.39697- 2.13041 \log10m- 0.03201 t- 0.000017 t2}$$

محققان بیان داشتند که ضرایب دمایی C_H و C_Q در بین گیاهان مختلف تا حدودی مشابه است اما ضرایب C_W و K_E در گیاهان مختلف، متفاوت است (دیکی و همکاران، ۱۹۹۰). به این ترتیب در پژوهش حاضر ضرایب ثابت معادله حیات برای باقلا تعیین شد. از این معادلات می‌توان در پیش‌بینی قابلیت حیات این بذر در شرایط انبارداری کنترل شده و بانک‌های ژن استفاده کرد (یوزبرتی، ۲۰۰۷).

در شکل (۹) مقادیر درصد جوانه‌زنی بذرها بعد از تبدیل آن‌ها به پروبیت، در طول زمان نشان داده شده است. در این شکل نقاط، میزان درصد جوانه‌زنی مشاهده شده بر حسب پروبیت می‌باشد که این تبدیل (تبدیل درصد جوانه‌زنی به پروبیت) به‌دلیل ایجاد یک رابطه خطی بین کاهش قوه نامیه و زمان صورت گرفت (ایجاد یک شیب ثابت در طول زمان). خطوط نیز، مقدار پیش‌بینی شده درصد جوانه‌زنی بر حسب پروبیت است که از طریق فرمول معادله حیات بذر برای هر محیط جوانه‌زنی است. در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و محتوی رطوبت بذر ۲۲ درصد، بین درصد جوانه‌زنی مشاهده و پیش‌بینی شده پراکندگی زیادی وجود داشت و با افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سلسیوس در محتوی رطوبت ۱۸ درصد پراکندگی بین جوانه‌زنی مشاهده شده وپیش‌بینی شده مشاهده گردید. در همین دما با محتوی رطوبتی ۲۲ درصد جوانه‌زنی صورت نگرفت. به‌طورکلی با افزایش دماها و محتوی رطوبت بذر، پراکندگی جوانه‌زنی بین درصد مشاهده شده و پیش‌بینی شده بیشتر شد.

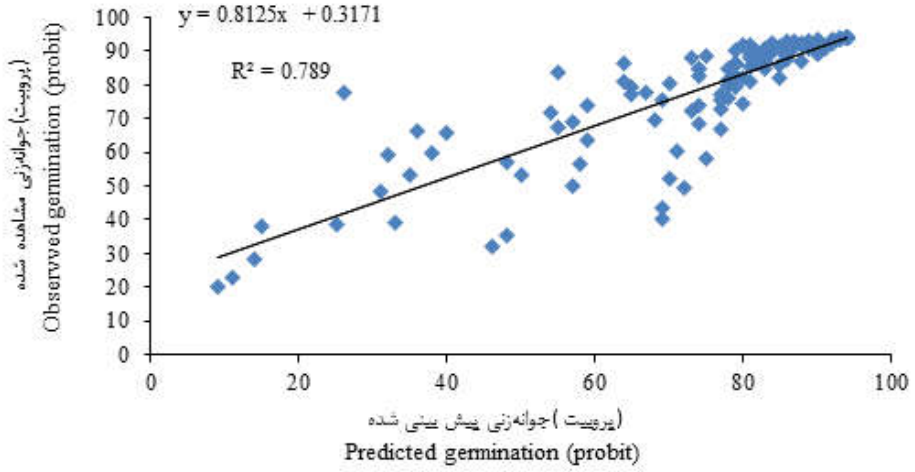
مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده قوه نامیه بعد از مدت زمان نگهداری در شکل (۱۰) مشاهده شد. یکی از روش‌های ارزیابی مدل، استفاده از رگرسیون بین مقدار مشاهده شده و مقدار ارزیابی شده می‌باشد. برابر شدن رابطه Y=X بین دو متغیر به معنی یکسان بودن مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده می‌باشد (شریف‌زاده و دهقان، ۲۰۱۲).

[1] Usberti
[2] Sharifzadeh and Dehghan
[3] Ghaderi-Far



شکل ۹. روابط رگرسیونی بقای بذر باقلا بین مقادیر مشاهده شده (نقاط) و محاسبه شده (خطوط) در دماها و رطوبت‌های مختلف (بر حسب پروبیت) محتوی رطوبت بذر ۶ درصد: ♦، ۱۰ درصد: ■، ۱۴ درصد: ▲، ۱۸ درصد: × و ۲۲ درصد: ●

Fig. 9. Regression relations of faba bean seed survival between observed (dots) and predicted (lines) values at different moistures and temperatures. Seed moisture content of 6%: ♦, 10%: ■, 14%: ▲, 18%: × and 22%: ●



شکل ۱۰. معادله خط رگرسیونی بین مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده داده‌های بذر باقلا

Fig. 10. Regression line between observed and predicted values of faba bean seed germination based

جدول ۳. ماتریس ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Matrix of correlation coefficients of measured traits

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
درصد جوانه‌زنی (1) Germination percentage (1)	1					
سرعت جوانه‌زنی (2) Germination rate (2)	0.97**	1				
وزن خشک ریشه‌چه (4) Root dry weight (4)	0.88**	0.88**	1			
وزن خشک ساقه‌چه (5) Shoot dry weight (5)	0.89**	0.89**	0.92**	1		
شاخص وزنی بنیه گیاهچه (6) Seedling weight vigour index (6)	0.91**	0.91**	0.95**	0.92**	1	
نشت الکترولیت (7) Electrolyte leakage (7)	-0.83**	-0.80**	-0.80**	-0.81**	-0.76**	1

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

** indicate significant at 1% probability level.

برای ارزیابی این مدل، بین داده‌های پیش‌بینی شده و مشاهده شده یک رگرسیون گرفته شد که نشان داد با توجه به مدل به‌دست آمده ۷۸ درصد از داده‌ها را به‌طور صحیح برآورد نموده است. به‌عبارت دیگر بعد از انجام رگرسیون در صورتی‌که ثابت معادله با عدد صفر و شیب معادله با عدد یک تفاوت معنی‌داری نداشته باشد به منزله صحت رابطه فوق و تأیید مدل می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور معمول بذرها برای باقی ماندن در یک شرایط زنده ماندن مناسب از زمان برداشت تا کاشت مجدد در انبار ذخیره می‌شوند، هرچه زمان نگهداری بذر با توجه به هدف نگهداری بیشتر باشد، هزینه آن بیشتر خواهد بود. آگاهی از شرایط نگهداری مناسب می‌تواند مشکلات کاهش بقای بذرها را حل کند و از هزینه اضافی جهت پایین نگه داشتن دما جلوگیری کند. زوال بذر یک فرآیند پیوسته می‌باشد که غیر قابل برگشت است، ولی با حفاظت در شرایط مناسب دما و رطوبت انبار می‌توان سرعت این فرآیند را کاهش داد. با استفاده از معادله حیات می‌توان بهترین شرایط نگهداری را به‌طوری‌که کمترین سطح زوال را در پی داشته باشد، اعمال کرد.در این مطالعه نیز ضرایب معادله برای بذر باقلا تعیین شد که از آن می‌توان در پیش‌بینی زوال بذر این گیاه در شرایط انبار استفاده کرد و شرایط دمایی و رطوبتی را به‌گونه‌ای تنظیم کرد که در طول دوره انبارداری کمترین میزان زوال بذر بدست آید. در مطالعه حاضر بذرهای انبار شده در دمای ۱۵ درجه سلسیوس نسبت به تمامی دماها شرایط مناسب‌تری را برای زنده‌مانی بذرها ایجاد کرد به‌گونه‌ای که در این دما بذرها با محتوی رطوبت مختلف زنده‌مانی مناسبی را در طول دوره ۹ ماهه انبارداری داشتند و دارای قدرت جوانه‌زنی بالای ۹۰ درصد بودند.

منابع

Akramian, M., Hosseini, A., Kazerooni, M. and Rezvani, M.J. 2007. Effect of seed osmopriming on germination and seedling development of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Field Crop Research, 5(1): 37-46. [In Persian with English Summary].

Alivand, R. 2011. Investigation of seed deterioration in oil seed plants with different storage conditions. Master Thesis of Tehran University. 208p.

Alivand, R., Tavakkol Afshari, R. and Sharif-Zadeh, F. 2013. Germination response and estimation of seed deterioration of *Brassica napus* under various storage conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 43: 21-46. [In Persian with English Summary].

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. Seed Science Research, 14: 93-107. https://doi.org/10.1079/SSR2004159

Baladi, S. 2014. Evaluation of Seed longevity and viability coefficients of seeds of two cultivars of linseed oil (*Linum usitatissimum* L.) and one cultivar of balango (*Lallemantia royleana*) in different storage conditions and the effect of priming in repairing its deterioration. Master Thesis of Yasouj University. 165p.

Balouchi, H.R., Bagheri, F., Kayednezami, R., Movahhedi Dehnavi, M. and Yadavi, A.R. 2013. Effect of seed aging on germination and seedling growth indices in three cultivars of *Brassica napus* L. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 26(4): 397-411. [In Persian with English Summary].

Basra, S.M., Ullah, E., Warriach, E., Cheema, M. and Afzal, I. 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus*) seeds. International Journal of Agriculture and Biology, 5(2): 117-120.

Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M. and Mohammadi, G. 2016. Evaluation of standard seed germination capability in vitro to predict the appearance and establishment of chickpea seedling (*Cicer arietinum* L.) in the field. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(1): 27-38. [In Persian with English Summary].

Biabani, A., Boggs, L.C., Katozi, M. and Sabouri, H. 2011. Effects of seed deterioration and inoculation with *Mesorhizobium ciceri* on yield and plant performance of chickpea. Australian Journal of Crop Science, 5(1): 66-70.

Bradford, K.J. 2004. Seed production and quality. California, USA, 138p.

Dikie, J.B., Ellis, R.H., Kraak, H.L., Ryder, K. and Tompsett, P.B. 1990. Temperature and seed storage longevity. Annals of Botany, 65: 197-204. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087924

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany, 45: 13-30. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085797

Ghaderi-Far, F. Soltani, A. and Sadeghipor, H.R. 2010. Determination of seed viability constant value in paper squash, borage and black seed. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 7(3): 53-66. [In Persian with English Summary].

Ghasemi-golezani, K., Chadordooz-jeddi, A., Nasrullahzade, S. and Moghaddam, M. 2010. Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. African Journal Agricultural Research for Development, 5(9): 893-897.

Goel, A. and Sheoran, I.S. 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 125: 189-198.

Hampton, J.G. and TecKrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich, p.117.

Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. P.145-245. In: T.T. Kozlowski (ed.). Seed biology. Vol3. Academic Press. New York. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-395605-7.50009-0

Hashemi, A., Tavakkol Afshari, R., Tabrizi, L. and Barooti, Sh. 2018. The modeling of *Plantago ovate* seed viability under various storage conditions. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 7(2): 95-104. [In Persian with English Summary].

Hong, T.D., Ellis, R.H. and Moor, D. 1997. Development of a model to predict the effect of temperature and moisture content on fungal spore longevity. Annals of Botany, 79: 121-128. https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0316

Hung, L.Q., Hong, T.D. and Ellis, R.H. 2001. Constant, fluctuating and effective temperature and seed longevity: a tomato (*Lycopersicone sculentum* Mill.) example. Annals of Botany, 88: 465-470. https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1487

International Seed Testing Association (ISTA). 2010. International rules for seed testing. Bassersdorf, Switzerland.

Jafari, Z. 2014. Temperature-humidity response of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) under different storage conditions. Master Thesis of Tehran University. 89p. [In Persian with English Summary].

Kapoor, N., Aria, A., Siddiqui, M.A. Amir, A. and Kumar, H. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. Asian Journal of Plant Sciences, 9: 158-162. https://doi.org/10.3923/ajps.2010.158.162

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27: 177-237.

Miller, T. and Chapman, S.J. 1978. Germination responses of three forage grasses to different concentration of six salts. Journal of Range Management, 31(2): 123-124. https://doi.org/10.2307/3897659

Mirdad, Z., Powell, A.A. and Matthews, S. 2006. Prediction of germination in artificially aged seeds of *Brassica* spp using the bulk conductivity test. Seed Science and Technology, 24: 328-340. https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.03

Moeinzadeh, A., Tavakkol Afshari, R., Moghadam, H. and Baghizadeh, A. 2018. The effect of storage conditions on seed germination indices and viability constant of lentil (*Lens culinaris*)

and pea (*Cicer arientinum*) seed. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(2): 71-92. [In Persian with English Summary].

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour H.R. and Zeinali, H. 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. International Journal of Plant Production, 5(1): 65-70.

Pagter, M., Bragato, C., Malagoli, M. and Brix, H.J. 2009. Osmotic and ionic effects of NaCl and Na_2So_4 salinity on *Phragmites australis*. Aquatic Botany, 90(1): 43-51. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.05.005

Pradidwong, S., Isarasenee, A. and Pawelzik, E. 2004. Prediction of mungbean content and storage temperature. Deutscher Tropentag, October 5-7, Berlin seed longevity and quality using the relationship of seed moisture, p.325.

Rahemi Karizki, A., Nakhzari Moghadam, A. and Pourabdollah, M. Effect of seed vigour on germination and heterotrophic growth of wheat in response to salinity. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 2(2): 60-67. [In Persian with English Summary].

Rastegar, Z., Sedghi, M. and Khomari, S. 2011. Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. Notulae Scientia Biologicae, 3(3): 126-129. https://doi.org/10.15835/nsb336075

Roberval, D. and Maristela, P. 2007. Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. Revista Brasileira de Sementes, 29: 97-105. https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200013

Schmidt, L. 2007. Tropical forest seed. Springer-Verlag Heidelberg New York. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68864-8

Seiadat, S.A., Moosavi, A. and Sharafizadeh, M. 2012. Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of maize seeds under different aging treatments. Research Journal of Seed Science, 5(2): 51-62. https://doi.org/10.3923/rjss.2012.51.62

Sharifzadeh, F. and Dehghan, M. 2012. The estimation of viability equation in seeds of perennial rye (*Secale montanum*) under different conditions of temperature and moisture content. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 94: 16-22. [In Persian with English Summary].

Soltani, M. 2015. Seed germination modelling and estimation of seed viability coefficients in castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds under different storage conditions. Master Thesis of Yasouj University. 99p. [In Persian with English Summary].

Tabatabei, A. 2014. Determination of barley seed viability coefficients under different storage conditions. Seed Research Journal, 4(2): 13-20. [In Persian with English Summary].

Tang, S., Tekriny, D.M., Egli, D.B. and Cornelius, P.L. 2000. An alternative model to predict corn seed deterioration during storage. Crop Science, 40: 463-470. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402463x

Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S. and Herridge, D.F. 2002. Faba bean (*Vicia faba* L.) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. Australian Journal of Agricultural Research, 53(2): 227-237. https://doi.org/10.1071/AR00186

Usberti, R. 2007. Performance of tropical forage grass (*Brachiaria brizantha*) dormant seed under controlled storage. Seed Science and Technology, 35: 402-413. https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.2.15

Vieira, R.D., Penariol, A.L., Perecin, D. and Panobianco, M. 2002. Condutividadeeletrica e teor de aguainicial das sementes de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 37(9): 1333-1338. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900018

Iranian Journal of Seed Research, 2022, 9(1): 1-24

Research Article

Germination and viability coefficients of Faba Bean (*Vicia faba*) seed under different storage conditions

Mohammad Mehrabi Kooshki[1], Ali Moradi[2, *], Hamidreza Balouchi[3], Roya Behboud[1], Hojatollah Latif Manesh[4]

Extended Abstract

Introduction: Pulses are among the best sources of plant protein and important components of crop rotation which in recent years, have been considered one of the major options for plant research. Seed storage is one of the important traits in legume breeding. Storage temperature, seed moisture content and storage duration are the most important factors affecting seed quality during storage. Inappropriate storage conditions lead to deterioration and reduction of seed quality during storage, which is severely affected by the environmental conditions of storage.

Materials and Methods: This research was conducted at the Seed Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Yasouj University in 2014 as a three-way factorial based on the completely randomized design with 5 replications of 20 seeds. Seeds with moisture content at 5 levels (6, 10, 14, 18 and 22%) and storage temperature at 4 levels (15, 25, 35 and 45 °C) were stored for 9 months (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 and 270 days). After sampling at the end of each month, a standard seed germination test was done using the pleated paper method in a germinator at 25 °C for 10 days. Also, an electrical conductivity test of the electrolytes leaked from the seeds incubated for 24h in water at 20 ˚C was done with 4 replicates. Some germination attributes and electrical conductivity of the electrolytes leaked from the seeds were measured according to standard methods.

Results: According to the results, interaction effects of storage temperature, seed moisture content and storage duration on germination indices and electrical conductivity of bean seeds were significant ($P<0.1$). Germination trend during storage at 15 °C and seed moisture content at 6% decreased from 94% to 81% after 270 days of storage, so that germination decreased to 35% under similar moisture content after 270 days of storage as temperature increased from 15 to 45 °C. As the storage time passed, electrical conductivity increased and this increase was more pronounced at higher temperatures. Viability constants were calculated 9 months after storage using seed viability equation, in which K_E, C_H, C_W and C_Q were calculated -5.39697, 0.03201, 2.13041 and 0.000017, respectively.

Conclusions: The results showed that the electrical conductivity of the leaked material increased with increasing storage temperature and seed moisture content, which led to lower viability of seeds. At 15 °C and 6% seed moisture content provided better conditions for seed survival during the 9-month storage time compared with all other temperatures and moistures and had the lowest rate of deterioration. The results showed that with increasing seed temperature and moisture, so that they had to lowest electrical conductivity of the leaked material from seeds and deterioration rate.

Keywords: Electrical conductivity, Seed deterioration, Seed moisture content, Viability constant

***Highlights*:**

1- Over storage duration, the electrical conductivity of materials leaked from seeds increased.

2- With increasing moisture content up to 22% and storage temperature up to 45 °C, the electrical conductivity of the material leaked from seeds increased.

3- Bean seed viability coefficients were calculated to evaluate seed viability under controlled storage conditions.

[1] M.Sc. Graduate of Seed Science and Technology, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran

[2] Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University

[3] Professor of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran

[4] Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran

* Corresponding author, E-mail: amoradi@yu.ac.ir

(Received: 10.13.2021; Accepted: 03.14.2022)

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1401.9.1.12.3

DOI: 10.52547/yujs.9.1.1